

AA'

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-150253

(43)Date of publication of application : 30.05.2000

(51)Int.CI. H01F 27/20
H01F 27/00

(21)Application number : 10-327706

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 18.11.1998

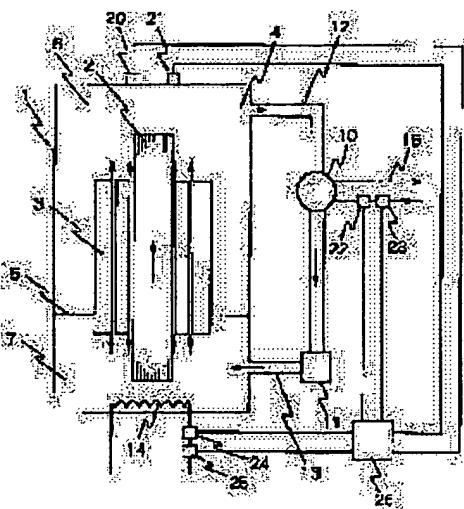
(72)Inventor : HAYASHI NORIYUKI
ONO YASUNORI
SHIRANE TAKASHI
SAITO TATSU
ITO YUZO
MOROOKA HISAJI
HIRAISHI KIYOTO
OBATA TOSHIMITSU

(54) GAS-INSULATED STATIONARY INDUCTION ELECTRIC APPLIANCE AND OPERATING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance electrical insulation by keeping CF₃I in the vapor state when a machine using CF₃I or a mixture containing CF₃I as insulating coolant is in operating state.

SOLUTION: A gas-insulated transformer comprises an iron core 2 and winding 3 wound on the iron core 2 housed in a transformer tank 1. The transformer tank 1 is filled with CF₃I, an insulating coolant under such a pressure that the saturation pressure of CF₃I at minimum temperature of t min° C is P min MPa and the relation between gas temperature t° C and gas pressure P MPa is expressed as P [P min/(t min+273.15)]&Ngr;(t+273.15). A partition 5 is installed in the transformer tank 1 to separate the upper space 6 from the lower space 7 in the transformer tank 1. A cooler 10 is connected to the upper space 6 through an upper pipe 12, and connected to the lower space 7 through a lower pipe 13 with a blower 11 placed midway.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

AA

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-150253

(P2000-150253A)

(43)公開日 平成12年5月30日 (2000.5.30)

(51)Int.Cl.⁷H 01 F 27/20
27/00

識別記号

F I

H 01 F 27/20
27/00

テマコード(参考)

5 E 0 5 0
J
A

審査請求 未請求 請求項の数17 O.L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平10-327706

(22)出願日 平成10年11月18日 (1998.11.18)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 林 則行

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所電力・電機開発本部内

(72)発明者 大野 康則

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株

式会社日立製作所電力・電機開発本部内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

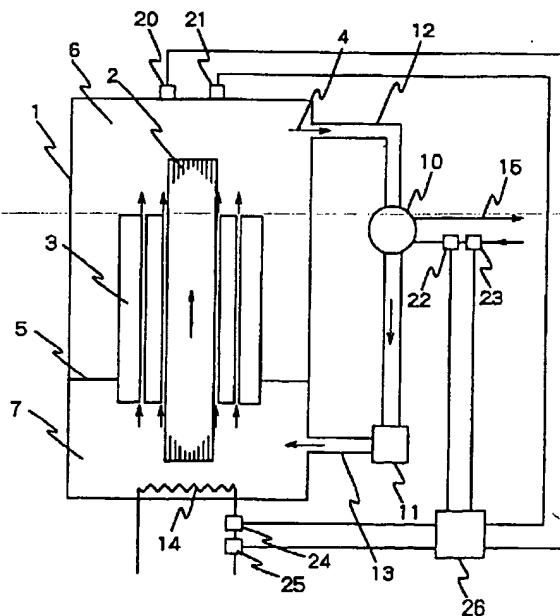
(54)【発明の名称】 ガス絶縁静止誘導電器およびその運転方法

(57)【要約】

【課題】本発明の課題は、不燃性で地球温暖化係数の小さいC_{FC}I、あるいはC_{FC}Iを含む混合物を絶縁冷却媒体とする変圧器で、C_{FC}Iが液化しないようにして絶縁耐力の低下を防止することにある。

【解決手段】本発明では、変圧器の運転を保証する最低気温における飽和圧力よりC_{FC}Iの圧力、あるいは分圧を低くするか、もしくは変圧器に加熱手段を備え、蒸気圧曲線よりC_{FC}Iのガス温度を高くすることを特徴とする。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して絶縁冷却媒体であるCF₃Iを循環させて運転する際に、装置が運転状態にあるときは前記CF₃Iは常に気体状態に保たれていることを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【請求項2】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して絶縁冷却媒体であるCF₃Iを循環させて運転する際に、装置の運転を保証する最低気温t min °Cにおける前記CF₃Iの飽和圧力がP_{min}MPaであり、CF₃Iのガス温度t °Cとガス圧力P MPaの関係が

$$P \geq (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

の場合に、ガス温度がCF₃Iの比重量（密度）γとガス定数Rを使って表される

$$P = \gamma R (t + 273.15)$$

とCF₃Iの蒸気圧曲線の交点の温度以上であることを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【請求項3】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して絶縁冷却媒体であるCF₃Iを循環させて運転する際に、装置が屋外に設置され、かつ、前記CF₃Iのガス温度t °Cとガス圧力P MPaの関係が

$$P \geq (0.1092 / 253.15) \cdot (t + 273.15)$$

の場合、

あるいは装置が屋内に設置され、かつ、前記CF₃Iのガス温度t °Cとガス圧力P MPaの関係が

$$P \geq (0.1918 / 268.15) \cdot (t + 273.15)$$

の場合に、ガス温度がCF₃Iの比重量（密度）γとガス定数Rを使って表される

$$P = \gamma R (t + 273.15)$$

とCF₃Iの蒸気圧曲線の交点の温度以上であることを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【請求項4】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して絶縁冷却媒体であるCF₃Iを循環させ、加熱手段により該CF₃Iの温度を上昇させて運転する際に、前記CF₃Iの封入量によって定まる比重量（密度）γとガス定数Rを使って表されるCF₃Iのガス温度t °Cとガス圧力P MPaの関係

$$P = \gamma R (t + 273.15)$$

とCF₃Iの蒸気圧曲線の交点の温度、あるいは圧力、あるいは温度と圧力の両方の値と温度検知器から得られるCF₃Iの温度、あるいは圧力検知器から得られるCF₃Iの圧力、あるいは温度検知器と圧力検知器から得られるCF₃Iの温度と圧力の両方を比較し、前記交点の温度以上、あるいは前記交点の圧力以上、あるいは温度、圧力とも前記交点の値以上となるように前記加熱手段を制御することを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【請求項5】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して絶縁冷却媒体であるCF₃Iを含む混合物を循環させて運転する際に、

装置の運転を保証する最低気温t min °CにおけるCF₃Iの飽和圧力がP_{min}MPaであり、CF₃Iのガス温度t °Cとガス分圧P_{CF3I}MPaとの関係が

$$P_{CF3I} \geq (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

の場合に、ガス温度がCF₃Iの比重量（密度）γとガス定数Rを使って表される

$$P_{CF3I} = \gamma R (t + 273.15)$$

とCF₃Iの蒸気圧曲線の交点の温度以上であることを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【請求項6】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して絶縁冷却媒体であるCF₃Iを含む混合物を循環させて運転する際に、装置が屋外に設置され、かつ、CF₃Iのガス温度t °Cとガス分圧P_{CF3I}MPaとの関係が

$$P_{CF3I} \geq (0.1092 / 253.15) \cdot (t + 273.15)$$

の場合、

あるいは、装置が屋内に設置され、かつ、CF₃Iのガス温度t °Cとガス分圧P_{CF3I}MPaとの関係が

$$P_{CF3I} \geq (0.1918 / 268.15) \cdot (t + 273.15)$$

の場合に、ガス温度がCF₃Iの比重量（密度）γとガス定数Rを使って表される

$$P_{CF3I} = \gamma R (t + 273.15)$$

とCF₃Iの蒸気圧曲線の交点の温度以上であることを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【請求項7】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して絶縁冷却媒体であるCF₃Iを含む混合物を循環させ、加熱手段により該CF₃Iを含む混合物の温度を上昇させて運転する際に、CF₃Iの封入量によって定まる比重量（密度）γとガス定数Rを使って表されるCF₃I

I のガス温度 t °C とガス分圧 P_{CF3I} MPa との関係

$$P_{CF3I} = \gamma R (t + 273.15)$$

と CF_3I の蒸気圧曲線の交点の温度、あるいは圧力、あるいは温度と圧力の両方の値と温度検知器から得られる CF_3I を含む混合物の温度、あるいは圧力検知器で得られる CF_3I を含む混合物の圧力から求められる CF_3I の分圧、あるいは温度検知器と圧力検知器から得られる CF_3I を含む混合物の温度と CF_3I の分圧の両方を比較し、前記交点の温度以上、あるいは前記交点の圧力以上、あるいは温度、分圧とも前記交点の値以上となるように前記加熱手段を制御することを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【請求項8】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して途中に設けられている送風機により絶縁冷却媒体である CF_3I を循環させて運転する際に、前記タンク内のガス温度が前記 CF_3I の飽和温度と等しい時には、装置自身を運転する前に前記送風機のみを運転し、タンク内の前記 CF_3I を循環させて該 CF_3I の飽和温度より高い温度になるまで前記 CF_3I を暖め、飽和温度より高い温度になった時点で装置本体を運転することを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【請求項9】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して途中に設けられている送風機により絶縁冷却媒体である CF_3I を含む混合物を循環させて運転する際に、

前記タンク内のガス温度が前記 CF_3I の飽和温度と等しい時には、装置自身を運転する前に前記送風機のみを運転し、タンク内の前記 CF_3I を含む混合物を循環させて該 CF_3I の飽和温度より高い温度になるまで前記 CF_3I を含む混合物を暖め、飽和温度より高い温度になった時点で装置本体を運転することを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【請求項10】鉄心、この鉄心に巻回される巻線からなる電器中身と、該電器中身を絶縁冷却媒体とともに収納するタンクと、該タンク外側に配置された冷却器と、該冷却器とタンクとの間を連通する配管とを備え、前記冷却器とタンクとの間に絶縁冷却媒体を循環させるガス絶縁静止誘導電器において、

前記絶縁冷却媒体として CF_3I を用いると共に、前記ガス絶縁静止誘導電器の少なくとも一部に該 CF_3I の温度を上昇させる加熱手段を備えていることを特徴とするガス絶縁静止誘導電器。

【請求項11】鉄心、この鉄心に巻回される巻線からなる電器中身と、該電器中身を絶縁冷却媒体とともに収納するタンクと、該タンク外側に配置された冷却器と、該

冷却器とタンクとの間を連通する配管とを備え、前記冷却器とタンクとの間に絶縁冷却媒体を循環させるガス絶縁静止誘導電器において、前記絶縁冷却媒体として CF_3I を用いると共に、前記ガス絶縁静止誘導電器の少なくとも一部に該 CF_3I の温度を上昇させる加熱手段と CF_3I の温度を検知する温度検知器、あるいは CF_3I の圧力を検知する圧力検知器、あるいは前記温度検知器と圧力検知器の両方を備えていることを特徴とするガス絶縁静止誘導電器。

【請求項12】前記絶縁冷却媒体である CF_3I は、該 CF_3I を含む混合物であることを特徴とする請求項10、又は11記載のガス絶縁静止誘導電器。

【請求項13】鉄心、この鉄心に巻回される巻線からなる電器中身と、該電器中身を絶縁冷却媒体とともに収納するタンクと、該タンク外側に配置された冷却器と、該冷却器とタンクとの間を連通する配管とを備え、前記冷却器とタンクとの間に絶縁冷却媒体を循環させるガス絶縁静止誘導電器において、

前記絶縁冷却媒体として CF_3I を用いると共に、装置の運転を保証する最低気温 t_{min} °Cにおける CF_3I の飽和圧力が P_{min} MPa のときに、該 CF_3I のガス温度 t °C とガス圧力 P MPa との関係が

$$P < (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

を満足することを特徴とするガス絶縁静止誘導電器。

【請求項14】鉄心、この鉄心に巻回される巻線からなる電器中身と、該電器中身を絶縁冷却媒体とともに収納するタンクと、該タンク外側に配置された冷却器と、該冷却器とタンクとの間を連通する配管とを備え、前記冷却器とタンクとの間に絶縁冷却媒体を循環させるガス絶縁静止誘導電器において、

前記絶縁冷却媒体として CF_3I を用いると共に、装置が屋外に設置される場合には、前記 CF_3I のガス温度 t °C とガス圧力 P MPa との関係が

$$P < (0.1092 / 253.15) \cdot (t + 273.15)$$

を満足し、

あるいは、装置が屋内に設置される場合には

$$P < (0.1918 / 268.15) \cdot (t + 273.15)$$

を満足することを特徴とするガス絶縁静止誘導電器。

【請求項15】鉄心、この鉄心に巻回される巻線からなる電器中身と、該電器中身を絶縁冷却媒体とともに収納するタンクと、該タンク外側に配置された冷却器と、該冷却器とタンクとの間を連通する配管とを備え、前記冷却器とタンクとの間に絶縁冷却媒体を循環させるガス絶縁静止誘導電器において、

前記絶縁冷却媒体として CF_3I を含む混合物を用いると共に、装置の運転を保証する最低気温 t_{min} °Cにおける CF_3I の飽和圧力が P_{min} MPa のときに、 CF_3I

I のガス温度 t °C とガス圧力 P_{CF_3I} MPa との関係が
 $P_{CF_3I} < (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$

を満足することを特徴とするガス絶縁静止誘導電器。

【請求項16】鉄心、この鉄心に巻回される巻線からなる電器中身と、該電器中身を絶縁冷却媒体とともに収納するタンクと、該タンク外側に配置された冷却器と、該冷却器とタンクとの間を連通する配管とを備え、前記冷却器とタンクとの間に絶縁冷却媒体を循環させるガス絶縁静止誘導電器において、

前記絶縁冷却媒体として CF_3I を含む混合物を用いると共に、装置が屋外に設置される場合には、 CF_3I のガス温度 t °C とガス分圧 P_{CF_3I} MPa との関係が
 $P_{CF_3I} < (0.1092 / 253.15) \cdot (t + 273.15)$

を満足し、あるいは、装置が屋内に設置される場合には、

$P_{CF_3I} < (0.1918 / 268.15) \cdot (t + 273.15)$

を満足することを特徴とするガス絶縁静止誘導電器。

【請求項17】鉄心とこの鉄心に巻回される巻線とからなる電器中身を絶縁冷却媒体とともにタンクに収納し、該タンク外側に配置された冷却器とタンクとの間を配管を介して絶縁冷却媒体である CF_3I を含む混合物を循環させて運転する際に、装置が運転状態にあるときは前記 CF_3I は常に気体状態に保たれていることを特徴とするガス絶縁静止誘導電器の運転方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はガス絶縁静止誘導電器およびその運転方法に係り、特に、飽和温度が比較的低く、かつ、運転温度範囲で液化する可能性のある絶縁性ガスである CF_3I を変圧器、或いはリクトル等の絶縁および冷却媒体として用いるものに好適なガス絶縁静止誘導電器、およびその運転方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、変圧器のような静止誘導電器は、主として絶縁油を用いて絶縁および冷却を行う油絶縁式のものが主流を占めている。しかし、油入電気機器の場合、万一の事故発生に際し、油による災害等に至る可能性がある。特に、近年は、都市部において設置場所の制約からビル等の地下や市街地に変圧器等の変電設備を設置することが多くなり、防災上の対策が重要課題となっている。

【0003】そこで、絶縁油の替わりに災害発生の可能性が少なく、かつ、安全性の高い不燃性ガスを絶縁および冷却媒体として用いるガス絶縁変圧器が採用される傾向にあり、さらに、これらは大容量化や小型化が要求されている。ガス絶縁冷却媒体の代表的なものとしては、電気絶縁性に優れ、不燃性で、かつ、毒性がなく、化学

的にも安定な SF_6 等が挙げられる。

【0004】ところが、近年、CFC(クロロフルオロカーボン)やHCFC(ハイドロクロロフルオロカーボン)といった化合物が大気中に放出されると、成層圏におけるオゾン層破壊や温室効果による地表の温度上昇が生じるとされ、世界的な環境汚染が問題となっている。このため、段階的にこれらのCFC、HCFCの生産量および消費量が規制され、代替品の選択が世界的に進められてきた。化学的に安定で、難分解性の SF_6 も地球温暖化係数が CO_2 に比べて非常に大きいことから規制の対象となり、今後、 SF_6 の排出量の規制が進められていくものと予想される。 SF_6 以外に電気機器に用いられる電気絶縁性に優れ、不燃性で、かつ、毒性がなく、化学的にも安定な絶縁冷却媒体としては、 C_2F_6 、 C_4F_8 等が挙げられるが、いずれも地球温暖化係数が CO_2 と比べて非常に大きい。

【0005】地球温暖化係数が CO_2 と比べて小さく、オゾン破壊が0であり、不燃性で、かつ、毒性が極めて弱い物質に CF_3I がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般にガス絶縁変圧器では、絶縁耐力を高めるために、圧力を大気圧より上げてある。また、JEC(The Japanese Electrotechnical Committee)-2200に規定されているように、屋外設置では最低気温-20°Cまで、また、屋内設置では-5°Cまで変圧器の運転を保証しなければならない。そのほか、IEC(International Electrotechnical Commission)やANSI(American National Standards Institute)でも保証しなければならない最低気温が規定されている。

【0007】上記した CF_3I は、沸点(大気圧における飽和温度)が-22.5°Cであり、常温常圧では気体であるが、飽和温度が SF_6 に比べて高いために、この CF_3I を変圧器の絶縁冷却媒体として使用すると、変圧器の運転を保証する低温の領域で液化が生じる可能性がある。変圧器の運転を保証する低温の領域で液化が生じると、絶縁耐力が急激に低下し、絶縁破壊に至る恐れがある。

【0008】本発明は上述の点に鑑みなされたもので、その目的とするところは、絶縁冷却媒体として CF_3I を用いたものであっても、ガス絶縁静止誘導電器の運転を保証する気温の範囲において CF_3I の液化が生じることではなく、絶縁耐力の低下を防止して絶縁破壊に至ることのない優れた電気絶縁性を確保し、かつ、不燃性で、毒性がほとんどなく、しかも、地球温暖化係数が CO_2 より小さく、オゾン破壊係数0のガス絶縁静止誘導電器およびその運転方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 CF_3I の絶縁耐力の一例としてAC破壊電圧を図2に示す。該図は横軸にガス

圧力(MPa)を示し、その時のAC破壊電圧(SF₆0.1 MPa基準)を縦軸に示している。該図から明らかなごとく、CF₃Iの電気絶縁性は、気体状態ではSF₆と同等以上である。また、化学的安定性については、光で分解しやすいが、変圧器ではタンク内に封入して用いられるため、実用上は問題にならない。

【0010】図3に超高压大容量ガス絶縁変圧器を例にとって定格負荷条件の温度が85℃、圧力が0.6 MPaの運転線を横軸にガス温度t(℃)、縦軸にガス圧力P(MPa)をとって示す。

【0011】変圧器のように密閉された空間にCF₃Iが閉じこめられると、CF₃Iは図3に示すように、飽和温度以上の気体状態では温度が変化しても密度(比重)一定の状態を保ち、CF₃Iが液化することはない。しかし、CF₃Iは沸点(大気圧における飽和温度)が-22.5℃であり、飽和温度がSF₆に比べて高いため、気温の低い寒冷地域や冬季に変圧器を起動する場合、定期点検による運転停止後に変圧器を再起動する場合等、変圧器のタンク内のガス温度が飽和温度と等しくなることが考えられる。この場合、タンク内のガス温度が低下すると蒸気圧曲線と交差して液化が始まり、密度一定の状態から外れて蒸気圧曲線に沿った温度と圧力になり、圧力が急激に低下する。気体の密度(比重)は温度が同じであれば圧力に比例するので、気体の密度(比重)も急激に低下する。絶縁耐力の一例であるAC破壊電圧V_{B.D.}と気体の密度(比重)γとの間には、およそ

$$V_{B.D.} \propto \gamma^{0.9}$$

の関係があるため、AC破壊電圧V_{B.D.}も急激に低下する。従って、ガス絶縁変圧器の運転を保証する気温の範囲でタンク内の絶縁冷却媒体であるCF₃Iに液化が生じれば、絶縁耐力が急激に低下し、絶縁破壊に至る恐れがあり、この点を考慮する必要がある。

【0012】そこで、本発明では上記目的を達成するために、CF₃I、あるいは、CF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体として用いて運転する際に、装置が運転状態にあるときは該CF₃Iは常に気体状態に保たれていることを特徴とする。

【0013】具体的には、CF₃Iを絶縁冷却媒体とする装置の運転を保証する最低気温t_{min}℃におけるCF₃Iの飽和圧力がP_{min} MPaのときに、装置タンク内のCF₃Iのガス温度t℃とガス圧力P MPaとの関係が

$$P < (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

を満足することを特徴とする。

【0014】また、CF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体とする装置の運転を保証する最低気温t_{min}℃におけるCF₃Iの飽和圧力がP_{min} MPaのときに、装置タンク内のCF₃Iのガス温度t℃とガス分圧P_{CF3I} MP

aとの関係が

$$P_{CF3I} < (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

を満足することを特徴とする。

【0015】また、CF₃Iを絶縁冷却媒体とする装置の運転を保証する最低気温t_{min}℃におけるCF₃Iの飽和圧力がP_{min} MPaであり、装置タンク内のCF₃Iのガス温度t℃とガス圧力P MPaとの関係が

$$P \geq (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

の場合に、ガス温度を装置タンク内のCF₃Iの比重(密度)γとガス定数Rを使って表される

$$P = \gamma R (t + 273.15)$$

とCF₃Iの蒸気圧曲線の交点の温度以上にすることを特徴とする。

【0016】さらに、CF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体とする装置の運転を保証する最低気温t_{min}℃におけるCF₃Iの飽和圧力がP_{min} MPaであり、装置タンク内のCF₃Iのガス温度t℃とガス分圧P_{CF3I} MPaとの関係が

$$P_{CF3I} \geq (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

の場合に、ガス温度を、装置タンク内のCF₃Iの比重(密度)γとガス定数Rを使って表される

$$P_{CF3I} = \gamma R (t + 273.15)$$

とCF₃Iの蒸気圧曲線の交点の温度以上にすることを特徴とする。

【0017】CF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体として用いる場合、CF₃I以外の物質としては、電気絶縁性に優れ、不燃性で、毒性がなく、地球温暖化係数、オゾン破壊係数とも0であり、かつ、安価なN₂が好ましく用いることができるが、ヘリウム、ネオン、アルゴン、キセノンのような希ガス、あるいは、CO₂、その他の汎用物質を用いることができる。また、SF₆、C₂F₆、C₄F₈等と混合して用いて、電気絶縁性に優れるが、地球温暖化係数が大きいこれらの物質の使用量を低減することができる。

【0018】即ち、このようなガス絶縁静止誘導電器、あるいはその運転方法では、装置の運転で保証する最低気温においても、装置タンク内のCF₃Iのガス温度は装置タンク内のCF₃Iのガス圧力、あるいはガス分圧における飽和温度以上に保たれているので、CF₃Iが液化することはない。このため、運転範囲のガス温度におけるCF₃Iの密度(比重)は一定になり、AC破壊電圧で代表される絶縁耐力の低下が防止され、優れた電気絶縁性を確保できる。つまり、CF₃I、あるいはCF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体として用いることにより電気絶縁性に優れ、不燃性で、毒性がほとんどなく、なおかつ、地球温暖化係数がCO₂より小さく、オゾン破壊係数0のガス絶縁静止誘導電器として使用する

ことが可能になる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例を図面を参照して説明する。以下の説明は、ガス絶縁静止誘導電器の例として変圧器を取り上げて説明している。

【0020】まず、図12を用いてガス絶縁変圧器の構造を説明する。該図において、1は変圧器タンクで、この変圧器タンク1内に鉄心2、及びこの鉄心2に巻回された巻線3からなる変圧器中身を収納し、更に、この変圧器タンク1内には絶縁冷却媒体4である気体が封入されている。また、変圧器タンク1内部には、できるだけ多量の絶縁冷却媒体4が鉄心2および巻線3内を流れるように変圧器タンク1内を仕切る仕切板5が設置されており、変圧器タンク1内部の上部空間6と下部空間7が連通しないように区切られている。10は冷却器であり、上部配管12を介して上部空間6とつながっている。また、下部空間7とは、送風機11を経由して下部配管13でつながっている。変圧器タンク1の上部には絶縁冷却媒体4の温度を測定する温度検知器20と圧力を測定する圧力検知器21が設けられている。

$$\begin{aligned} P &= (P_1 / (t_1 + 273.15)) \cdot (t + 273.15) \\ &= \gamma R (t + 273.15) \end{aligned}$$

の関係を満足するガス温度 t [C] とガス圧力 P [MPa] の運転線上の状態を維持することになる。他方、 CF_3I の蒸気圧曲線の $-20^{\circ}C$ における飽和圧力は 0.1092 MPa であり、蒸気圧曲線の高温側(グラフの右側)は気体なので、もし、 $-20^{\circ}C$ で飽和蒸気の状態である CF_3I の温度が高温側に変化すると、そのガス温度 t [C] とガス圧力 P [MPa] との関係は、図4に示すごとく、

$$P = (0.1092 / 253.15) \cdot (t + 273.15)$$

(これは、絶対温度 : T [K] で表すと、 $P = (0.1092 / 253.15) \cdot T$ となり、華氏温度 : t_F [$^{\circ}$ R] で表すと、 $P = (0.1092 / 455.67) \cdot (t_F + 459.67)$ となる) になる。このため、 $-20^{\circ}C$ の最低気温から許容最高ガス温度に至る運転範囲で CF_3I が液化することなく、気体の状態を保ち、ガス温度が変化しても絶縁耐力が低下するのを防ぐためには、変圧器内の CF_3I のガス温度 t [C] とガス圧力 P [MPa] の間に

$$P < (0.1092 / 253.15) \cdot (t + 273.15)$$

(これは、絶対温度 : T [K] で表すと、 $P < (0.1092 / 253.15) \cdot T$ となり、華氏温度 : t_F [$^{\circ}$ R] で表すと、 $P < (0.1092 / 455.67) \cdot (t_F + 459.67)$ となる) の関係が成り立つように CF_3I を封入すればよいことがわかる。

【0023】図5は屋内に設置された変圧器の絶縁冷却媒体として CF_3I を用いた場合の変圧器の運転方法の一実施例であり、JEC-2200に規定されている運

【0021】図4は屋外に設置された変圧器の絶縁冷却媒体として CF_3I を用いた場合の変圧器の運転方法の一実施例であり、JEC-2200に規定されている運転を保証する最低気温が $-20^{\circ}C$ の場合である。

【0022】通常、変圧器内の CF_3I のガス温度は、最低気温の $-20^{\circ}C$ と変圧器の耐熱クラスと冷却設計から決定される許容最高ガス温度の間を変化する。密閉された空間である変圧器内に封入された CF_3I は、気体の状態では、温度が変化しても密度(比重)は一定である。また、気体では、ガス温度 t [C] とガス圧力 P [MPa] と比重(密度) γ [kg/m³] の間には、

$$P = \gamma R (t + 273.15)$$

(これは、絶対温度 : T [K] で表すと、 $P = \gamma R T$ となり、華氏温度 : t_F [$^{\circ}$ R] で表すと、 $P = \gamma R \cdot (t_F + 459.67)$ となる) という状態方程式が成り立ち、ガス定数 R は気体の種類によって一定の値をとるので、 $P / (t + 273.15)$ は一定の値になる。従って、変圧器の定格負荷条件のガス温度を t_1 [C]、ガス圧力を P_1 [MPa] とすると、気体の状態の CF_3I は、図4に示すごとく、

転を保証する最低気温が $-5^{\circ}C$ の場合である。

【0024】この場合は、最低気温が屋外の場合の $-20^{\circ}C$ から $-5^{\circ}C$ に変わっただけであり、同様の考え方が成り立ち、 CF_3I の $-5^{\circ}C$ における飽和圧力が 0.1918 MPa であることから、 $-5^{\circ}C$ の最低気温から許容最高ガス温度に至る運転範囲で CF_3I が液化することなく、気体の状態を保ち、ガス温度が変化しても絶縁耐力が低下するのを防ぐためには、変圧器内の CF_3I のガス温度 t [C] とガス圧力 P [MPa] の間に

$$P < (0.1918 / 268.15) \cdot (t + 273.15)$$

(これは、絶対温度 : T [K] で表すと、 $P < (0.1918 / 268.15) \cdot T$ となり、華氏温度 : t_F [$^{\circ}$ R] で表すと、 $P < (0.1918 / 482.67) \cdot (t_F + 459.67)$ となる) の関係が成り立つように CF_3I を封入すればよい。

【0025】そのほか、IECやANSIでも、変圧器の運転を保証する最低気温が規定されており、その最低気温 t_{min} [C] における CF_3I の飽和圧力を P_{min} [MPa] とすると、変圧器内の CF_3I のガス温度 t [C] とガス圧力 P [MPa] との関係が

$$P < (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

(これは、絶対温度 : T_{min} [K] で表すと、 $P < (P_{min} / t_{min}) \cdot T$ となり、華氏温度 : t_{Fmin} [R] で表すと、 $P < (P_{min} / (t_{Fmin} + 459.67)) \cdot (t + 459.67)$ となる) を満足するように CF_3I を封入すればよい。

【0026】図6は屋外に設置された変圧器の絶縁冷却媒体としてCF₃Iを含む混合物を用いた場合の変圧器の運転方法の一実施例であり、IEC-2200に規定されている運転を保証する最低気温が-20℃の場合である。この場合は、運転範囲における変圧器内の混合物の最高ガス圧力、即ち、許容最高ガス温度における圧力が0.2975MPa(2kg/cm²G)に満たない例である。こうすることによって変圧器のタンクが第二種圧力容器の規制を免れることができる。

【0027】CF₃Iと他の物質の混合物の場合、CF₃Iの液化は、CF₃I単独の場合と異なり、変圧器内の圧力ではなく、CF₃Iの分圧で評価しなければならない。-20℃で飽和蒸気になるCF₃Iのガス温度t℃とガス圧力PMPaとの間には、前述の通り

$$P = (0.1092 / 253.15) \cdot (t + 273.15)$$

の関係がある。CF₃Iと他の物質の混合物では、ガス温度t℃におけるCF₃Iのガス分圧P_{CF3I}がこの圧力に達しなければ、-20℃の最低気温から許容最高ガス温度に至る運転範囲で、CF₃Iの液化が生じることはない。そのため、CF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体とするガス絶縁変圧器では、CF₃Iのガス温度t℃とガス分圧P_{CF3I}MPaとの間に

$$P_{CF3I} < (0.1092 / 253.15) \cdot (t + 273.15)$$

(これは、絶対温度：T[K]で表すと、P_{CF3I} < (0.1092 / 253.15) · Tとなり、華氏温度：t_F[°R]で表すと、P_{CF3I} < (0.1092 / 455.67) · (t_F + 459.67)となる)の関係が成り立つようにCF₃Iを封入すればよい。

【0028】CF₃Iを含む混合物のCF₃I以外の物質としては、電気絶縁性に優れ、不燃性で、毒性がなく、地球温暖化係数、オゾン破壊係数とも0であり、かつ、安価なN₂が好ましく用いることができるが、ヘリウム、ネオン、アルゴン、キセノンのような希ガス、あるいは、CO₂その他の汎用物質を用いることができる。また、SF₆、C₂F₆、C₄F₈等と混合して用いて、電気絶縁性に優れるが、地球温暖化係数が大きいこれらの物質の使用量を低減することができる。

【0029】CF₃Iに他の物質を加えると、その物質によってCF₃I単独の時に比べて絶縁耐力や冷却能力が向上し、変圧器の大容量化や小型化が図れることになる。絶縁耐力や冷却能力のより一層の向上を図るために、運転範囲における変圧器の最高ガス圧力が0.2975MPa(2kg/cm²G)以上になるようにCF₃I以外の物質を封入することも可能である。ただし、その場合、変圧器のタンクは第二種圧力容器になる。

【0030】図7は屋内に設置された変圧器の絶縁冷却媒体としてCF₃Iを含む混合物を用いた場合の変圧器の運転方法の一実施例であり、IEC-2200に規定

されている運転を保証する最低気温が-5℃の場合である。この場合は最低気温が、屋外の場合の-20℃から-5℃に変わっただけで、同様の考え方が成り立ち、-5℃の最低気温から許容最高ガス温度に至る運転範囲で、CF₃Iが液化しないようにするために、変圧器内のCF₃Iのガス温度t℃とガス分圧P_{CF3I}との間に

$$P_{CF3I} < (0.1918 / 268.15) \cdot (t + 273.15)$$

(これは、絶対温度：T[K]で表すと、P_{CF3I} < (0.1918 / 268.15) · Tとなり、華氏温度：t_F[°R]で表すと、P_{CF3I} < (0.1918 / 482.67) · (t_F + 459.67)となる)の関係が成り立つようにCF₃Iを封入すればよい。

【0031】そのほか、IECやANSIで変圧器の運転を保証する最低気温に対しても、最低気温t_{min}におけるCF₃Iの飽和圧力がP_{min}MPaのときに、CF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体とする変圧器内のCF₃Iのガス温度t℃とガス分圧P_{CF3I}MPaとの関係が

$$P_{CF3I} < (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

(これは、絶対温度：T_{min}[K]で表すと、P_{CF3I} < (P_{min} / T_{min}) · Tとなり、華氏温度：t_{Fmin}[°R]で表すと、P_{CF3I} < (P_{min} / (t_{Fmin} + 459.67)) · (t_F + 459.67)となる)を満足するようにCF₃Iを封入すればよい。

【0032】ところで、上述した各式のうち、P < (0.1092 / 253.15) · (t + 273.15), P < (0.1918 / 268.15) · (t + 273.15), P < (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) · (t + 273.15)では、CF₃Iのガス圧力が0.1013MPa(大気圧)以上、0.2975MPa(2kg/cm²G)未満であればよく、また、P_{CF3I} < (0.1092 / 253.15) · (t + 273.15), P_{CF3I} < (0.1918 / 268.15) · (t + 273.15), P_{CF3I} < (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) · (t + 273.15)では、CF₃Iのガス分圧が0.1013MPa(大気圧)以上、0.2975MPa(2kg/cm²G)未満であればよい。

【0033】その根拠を図11を用いて説明する。図11に示すごとく、CF₃Iの0.1013MPa(大気圧)における飽和温度(沸点)は-22.5℃であり、屋外設置の場合にIEC-2200で規定されている運転を保証する最低気温-20℃より低く、IEC-2200の最低気温である-20℃を含むことになる。0.2975MPa(2kg/cm²G)未満は、実施例で説明している第二種圧力容器の規制を免れることができる圧力である。IEC-2200の屋内設置の場合の運転を保証する最低気温である-5℃におけるCF₃Iの飽和圧力は0.1918MPaであり、この状態から温度が

上昇したときの CF_3I のガス温度 t [°C] とガス圧力 P [MPa] の関係を表す

$$P = (0.1918 / 268.15) \cdot (t + 273.15)$$

の式で、 $P = 0.2975 \text{ MPa}$ になる温度を求める
と、 $t = 142.8^\circ\text{C}$ となり、変圧器で使用するガス温度（最高 100°C 程度）を十分カバーできることになる。

【0034】図8は変圧器の絶縁冷却媒体として CF_3I を用いた場合の変圧器の運転方法の一実施例であり、変圧器の運転を保証する最低気温 t_{\min} [°C] における CF_3I の飽和圧力が P_{\min} [MPa] であり、変圧器内の CF_3I のガス温度 t [°C] とガス圧力 P [MPa] の関係が $P \geq (P_{\min} / (t_{\min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$

（これは、絶対温度： T_{\min} ， T [K] で表すと、 $P \geq (P_{\min} / T_{\min}) \cdot T$ となり、華氏温度： $t_{F,\min}$ ， t_F [°R] で表すと、 $P \geq (P_{\min} / (t_{F,\min} + 459.67)) \cdot (t_F + 459.67)$ となる）の場合である。この場合、気温が低くて起動時等のように変圧器タンク内の CF_3I のガス温度が低い時には CF_3I が液化する。それを防ぐためのガス絶縁変圧器の構成を図1に示す。

【0035】該図において、1は変圧器タンクで、この変圧器タンク1内に鉄心2、及びこの鉄心2に巻回された巻線3からなる変圧器中身を収納し、さらに、この変圧器タンク1内には絶縁冷却媒体4である CF_3I が $P \geq (P_{\min} / (t_{\min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$

$$\begin{aligned} P &= (P_i / (t_i + 273.15)) \cdot (t + 273.15) \\ &= \gamma R (t + 273.15) \end{aligned}$$

（これは絶対温度： T_i ， T [K] で表すと、 $P = (P_i / T_i) \cdot T = \gamma R T$ となり、華氏温度： $t_{F,i}$ ， t_F [°R] で表すと、 $P = (P_i / (t_{F,i} + 459.67)) \cdot (t_F + 459.67) = \gamma R (t_F + 459.67)$ となる）で表されるガス温度 t [°C] とガス圧力 P [MPa] の運転線上の状態を保つことになる。この直線と CF_3I の蒸気圧曲線の交点の温度以上になるように加熱手段によつ

$$\begin{aligned} P &= (P_i / (t_i + 273.15)) \cdot (t + 273.15) \\ &= \gamma R (t + 273.15) \end{aligned}$$

と CF_3I の蒸気圧曲線の交点の温度、あるいは、圧力、あるいは温度と圧力の両方の値と温度検知器20から得られる温度、あるいは圧力検知器21から得られる圧力、あるいは温度検知器20と圧力検知器21から得られる温度と圧力の両方を演算器26で比較し、交点の温度以上、あるいは交点の圧力以上、あるいは温度、圧力とも交点の値以上となるように、演算器26から電力計24の値を参照しながら電気ヒータ14の入力の制御信号を入力制御器25に送って加熱量を制御することによって図8に示した運転が可能になる。

【0039】加熱手段は必ずしも、電気ヒータ14であ

になるような圧力で封入してある。また、変圧器タンク1内部には、できるだけ多量の CF_3I が鉄心2および巻線3内を流れるように変圧器タンク1内を仕切る仕切板5が設置されており、変圧器タンク1内部の上部空間6と下部空間7が連通しないように区切られている。10は冷却器であり、上部配管12を介して上部空間6とつながっている。また、下部空間7とは、送風機11を経由して下部配管13でつながっている。変圧器タンク1の下部には CF_3I の温度を上昇させる加熱手段である電気ヒータ14が設けられている。変圧器タンク1の上部には CF_3I の温度を測定する温度検知器20と圧力を測定する圧力検知器21が設けられている。また、冷却器10の冷却水15の流量を測定する流量検知器22と流量を制御する流量制御弁23、さらに、電気ヒータ14の入力を測定する電力計24と入力を制御する入力制御器25が設置されている。26は演算器であり、後述詳細説明するが、電力計24の値を参照しながら電気ヒータ14の入力の制御信号を入力制御器25に送信するものである。

【0036】このような構成にすれば、電気ヒータ14で CF_3I を加熱して温度を上昇させることもできるし、 CF_3I の温度や圧力を温度検知器20や圧力検知器21で知ることができる。

【0037】図8に示すように、変圧器の定格負荷条件の CF_3I のガス温度を t [°C]、ガス圧力を P [MPa]、また、比重（密度）を γ [kg/m³]、ガス定数を R とすると、気体の状態の CF_3I は

$$P = (P_i / (t_i + 273.15)) \cdot (t + 273.15)$$

て加熱して CF_3I のガス温度を維持すれば、気温が低くて起動時等のように変圧器全体が十分に暖まっていないときでも CF_3I の液化が生じないので、絶縁耐力の低下を防止することができる。

【0038】先程述べた温度検知器20と圧力検知器21から CF_3I の温度と圧力を知ることができるの

る必要はなく、変圧器タンク1の下部に設けられた配管に高温水や水蒸気のような高温の流体を流してもよいし、冷却器10に供給する冷却水15を CF_3I の加熱が必要なときだけ高温の流体に替えてよい。また、加熱手段の設置場所は変圧器タンク1の下部に限らない。例えば、冷却器10と変圧器タンク1とを連通させる配管に設けてよい。

【0040】この運転方法は、 CF_3I のガス圧力を高くすることができるので、密度（比重）が大きくなり、絶縁耐力を大きくすることができ、変圧器の高圧化や大容量化、小型化が可能になる。

【0041】本実施例では導ガス水冷方式について述べたが、冷却方式が他の方式でも同じ効果が得られる。

【0042】図9は変圧器の絶縁冷却媒体としてCF₃Iを含む混合物を用いた場合の変圧器の運転方法の一実施例であり、変圧器の運転を保証する最低気温t_{min}℃におけるCF₃Iの飽和圧力がP_{min}MPaであり、変圧器内のCF₃Iのガス温度t₁℃とガス分圧P_{CF3I}MPaの関係が

$$P_{CF3I} \geq (P_{min} / (t_{min} + 273.15)) \cdot (t + 273.15) \quad (1)$$

$$= \gamma R (t + 273.15) \quad (2)$$

(ここで、絶対温度：T₁、T[K]で表すと、P = (P_{1,CF3I} / T₁) · T = γRTとなり、華氏温度：t_{F,1}、t_F[°R]で表すと、P = (P_{1,CF3I} / (t_{F,1} + 459.67)) · (t_F + 459.67) = γR(t_F + 459.67)となる)とCF₃Iの蒸気圧曲線の交点の温度以上になるように上記加熱手段によって加熱して、CF₃Iを含む混合物のガス温度を飽和温度以上に保てば、起動時等のように変圧器全体の温度が低いときにもCF₃Iを含む混合物は液化しないので、絶縁耐力の低下を防ぐことができる。

【0043】この運転方法も、CF₃I以外の物質によってCF₃I単独のときに比べて絶縁耐力が向上し、変圧器の高圧化や大容量化、小型化が図れることになる。

【0044】図10は図1に示した実施例の変形例であり、図1と異なるのは電気ヒータと電力計、及び入力制御器を備えていない点であり、その他の構成は図1と同様である。

【0045】このような本実施例の構成とすれば、気温の低い寒冷地域や冬季に変圧器を起動する場合、定期点検による運転停止後に変圧器を再起動する場合等、変圧器タンク1内のガス温度が飽和温度と等しいときには、変圧器自身を運転する前に送風機11のみを運転し、変圧器タンク1の絶縁冷却媒体4であるCF₃Iを循環させて、変圧器タンク1内のCF₃Iの飽和温度より高い温度になるまでCF₃Iを暖め、飽和温度より高い温度になった時点で変圧器本体を運転することが可能となる。変圧器タンク1内のCF₃Iの温度や圧力は、図1と同様に温度検知器20や圧力検知器21で知ることができる。

【0046】尚、上述した実施例では、CF₃Iの液化を防止する加熱手段として電気ヒータを用いて説明したが、巻線に所定の電圧ではなく低電圧をかけて電界を小さくしておいてガスを暖め、液化が生じない温度以上になると所定の電圧をかけるという運転も可能であり、このようにしてガスを暖めるものも加熱手段に含まれる。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、CF₃I、あるいはCF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体

(これは、絶対温度：T_{min}、T[K]で表すと、P_{CF3I} ≥ (P_{min} / T_{min}) · Tとなり、華氏温度：t_{F,mi}、t_F[°R]で表すと、P_{CF3I} ≥ (P_{min} / (t_{F,mi} + 459.67)) · (t_F + 459.67)となる)の場合である。CF₃Iと他の物質の混合物の場合、CF₃Iの液化はCF₃Iの分圧で評価すればよく、変圧器の定格負荷条件のCF₃Iのガス温度t₁℃、ガス分圧をP_{1,CF3I}MPa、また、比重（密度）をγkg/m³、ガス定数をRとすると、

として用いるガス絶縁静止誘導電器の運転を保証する気温の範囲において、CF₃Iの液化が生じなくなり、絶縁耐力の低下が防止できる結果、電気絶縁性に優れ、不燃性で、毒性がほとんど無く、なおかつ、地球温暖化係数がCO₂よりも小さく、オゾン破壊係数0のガス絶縁静止誘導電器の運転が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例として示したガス絶縁変圧器の構成図である。

【図2】CF₃IとSF₆のAC破壊電圧の測定結果を示す特性図である。

【図3】CF₃Iを絶縁冷却媒体とする変圧器の運転範囲を示す特性図である。

【図4】CF₃Iを絶縁冷却媒体とする変圧器を屋外に設置し、最低気温が-20℃の場合の運転範囲を示す特性図である。

【図5】CF₃Iを絶縁冷却媒体とする変圧器を屋内に設置し、最低気温が-5℃の場合の運転範囲を示す特性図である。

【図6】CF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体とする変圧器を屋外に設置し、最低気温が-20℃の場合の運転範囲を示す特性図である。

【図7】CF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体とする変圧器を屋内に設置し、最低気温が-5℃の場合の運転範囲を示す特性図である。

【図8】CF₃Iを絶縁冷却媒体とする変圧器の他の実施例における運転範囲を示す特性図である。

【図9】CF₃Iを含む混合物を絶縁冷却媒体とする変圧器の他の実施例における運転範囲を示す特性図である。

【図10】本発明の他の実施例として示した変圧器の構成図である。

【図11】CF₃Iの蒸気圧曲線と低ガス圧変圧器の運転範囲を示す特性図である。

【図12】従来のガス絶縁変圧器を示す構成図である。

【符号の説明】

1…変圧器タンク、2…鉄心、3…巻線、4…絶縁冷却媒体、5…仕切板、6…タンク上部空間、7…タンク下

部空間、10…冷却器、11…送風機、12…上部配管、13…下部配管、14…電気ヒータ、15…冷却水、20…温度検知器、21…圧力検知器、22…流量

検知器、23…流量制御弁、24…電力計、25…入力制御器、26…演算器。

【図1】

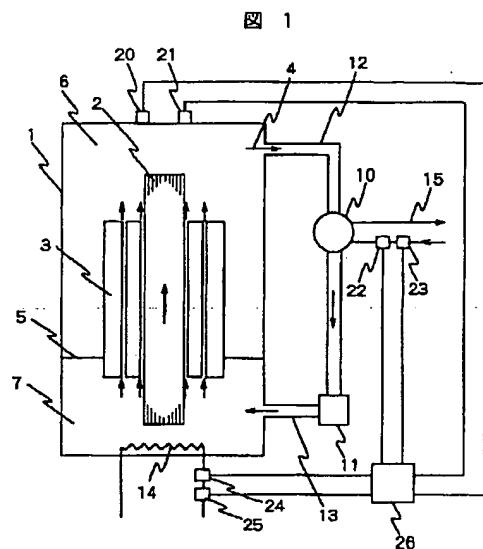


図1

【図2】

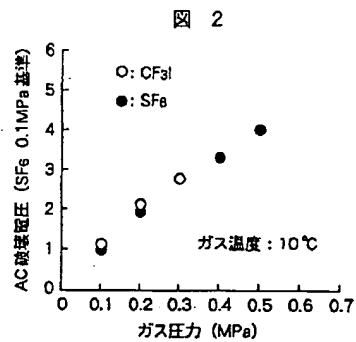


図2

【図3】

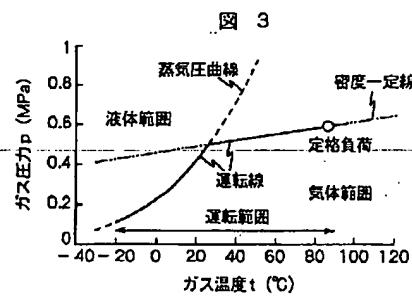


図3

【図4】

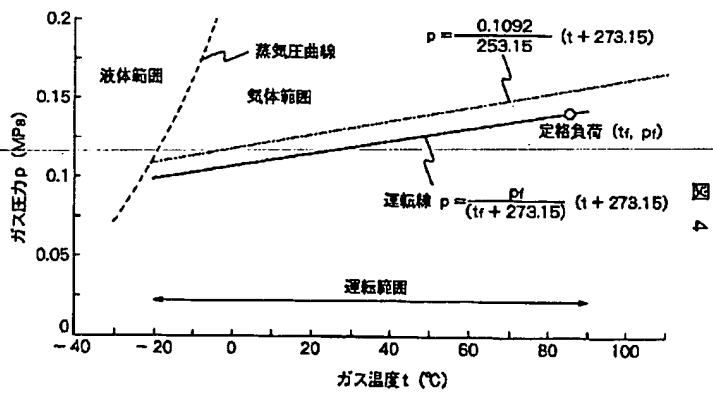
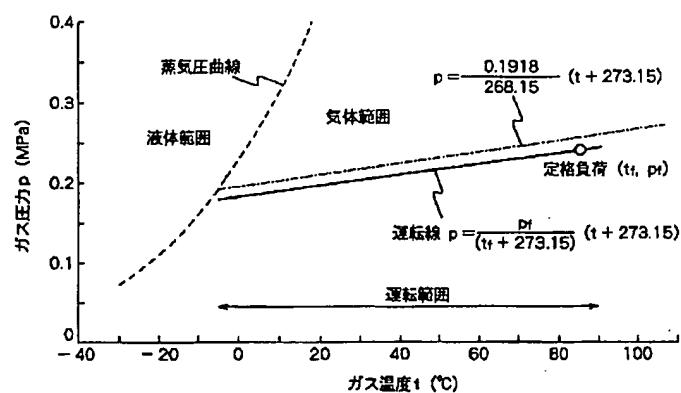
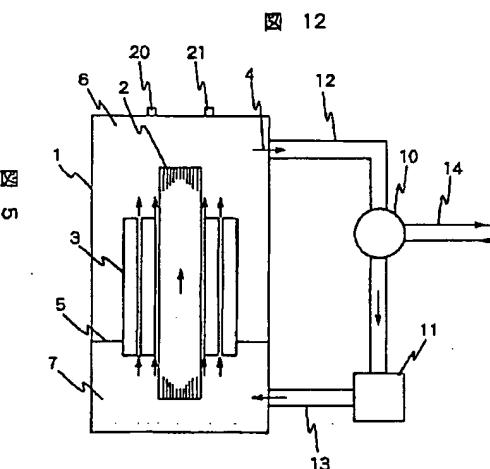


図4

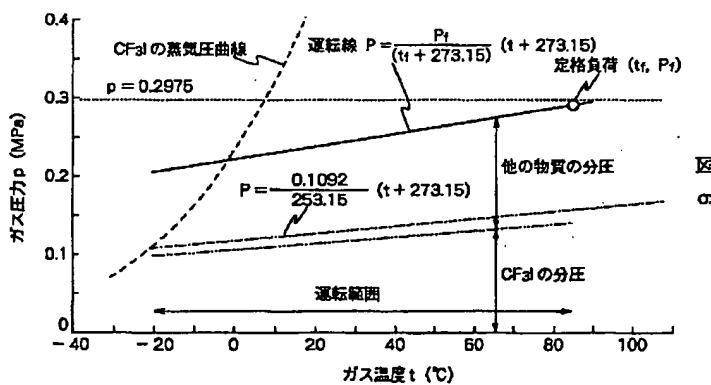
【図5】



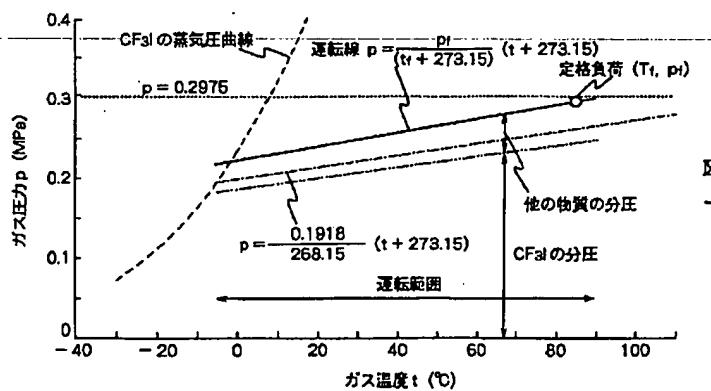
【図12】



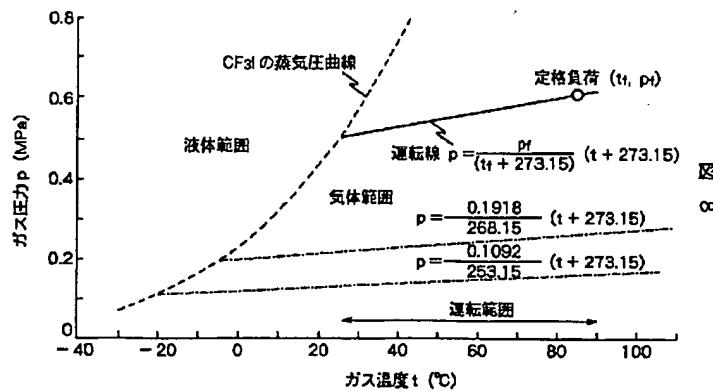
【図6】



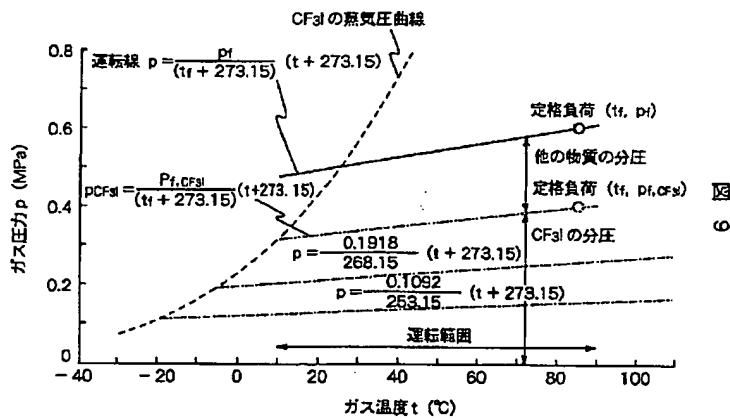
【図7】



【図8】

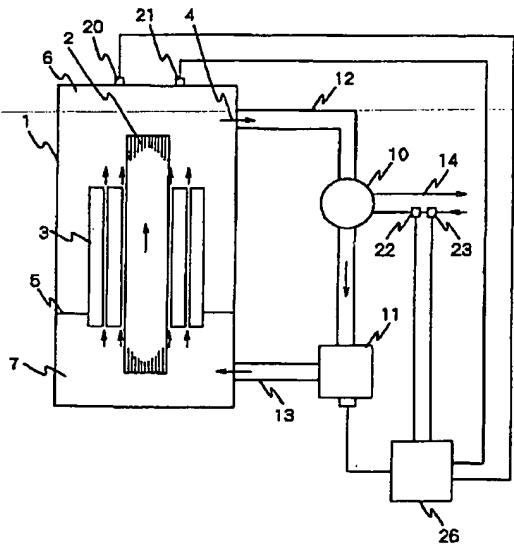


【図9】

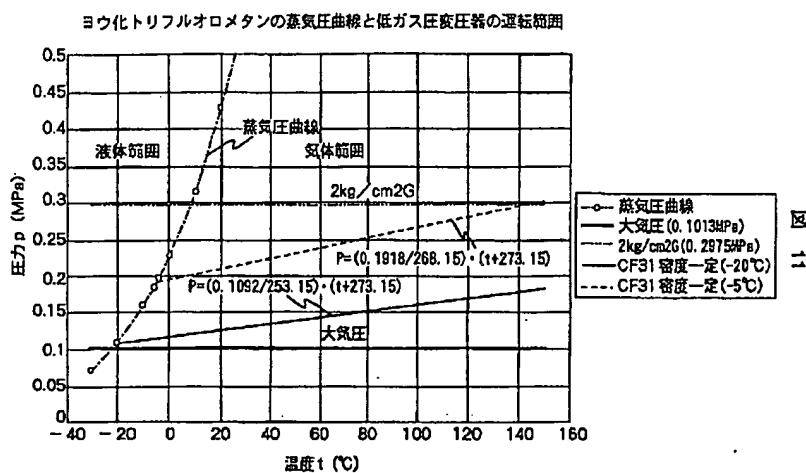


【図10】

図 10



【図11】



フロントページの続き

(72) 発明者 白根 隆志	(72) 発明者 師岡 寿至
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発本部内	茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
(72) 発明者 斎藤 達	(72) 発明者 平石 清登
茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所電力・電機開発本部内	茨城県日立市国分町一丁目1番1号 株式会社日立製作所国分工場内
(72) 発明者 伊藤 雄三	(72) 発明者 小幡 俊光
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内	茨城県日立市国分町一丁目1番1号 株式会社日立製作所国分工場内

F ターム(参考) 5E050 HA06